

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 195 05 812 C 2

⑤① Int. Cl.®:  
H 01 F 38/28  
G 01 R 1/20

②① Aktenzeichen: 195 05 812.7-32  
②② Anmeldetag: 9. 2. 95  
④③ Offenlegungstag: 22. 8. 96  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 6. 2. 97

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

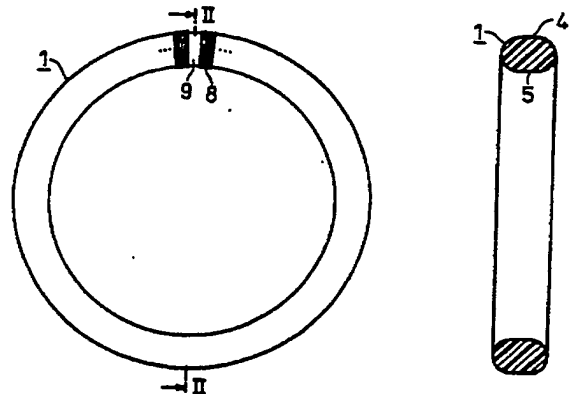
⑦② Erfinder:  
Skarczynski, Albrecht von, 13587 Berlin, DE; Möncke,  
Hartmut, 13355 Berlin, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

RAY, F.W.;  
and DAVIS, R.M.: Wide Bandwidth Rogowski  
Current Transducers. In: EPE Journal, Vol. 3 No. 1  
März 1993, S. 51-59;  
HEUMANN, Clemens: Messung und  
oszillographische Aufzeichnung von hohen  
Wechsel- und schnell veränderlichen  
Impulsströmen. In: Techn. Mitt. AEG-Telefunken 60,  
1970, H. 7, S. 444-448;

⑤④ Stromerfassungsspule für einen Stromwandler

⑤⑦ Stromerfassungsspule (6) für einen Stromwandler nach dem Rogowski-Prinzip mit einem elektrisch isolierenden Ringkörper (1) als Träger für eine Wicklung, wobei die Querschnittsform des Ringkörpers (1) am äußeren Umfang und am inneren Umfang abgeflachte Bereiche (4, 5) der Querschnittsform aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die verbleibenden Bereiche der Querschnittsform etwa halbkreisförmig ausgebildet sind, daß der Ringkörper (1) aus einem faserverstärkten duroplastischen Kunststoff besteht und als massiver Vollkörper in einer teilbaren Form (2) einstückig hergestellt ist, wobei der Ringkörper (1) derart geformt ist, daß er gratfrei ist und keine Hinterschneidungen aufweist, und daß die Wicklung mittels einer Ringkern-Wickelmaschine aufgebracht ist.



DE 195 05 812 C 2

DE 195 05 812 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Stromerfassungsspule für einen Stromwandler nach dem Rogowski-Prinzip mit einem elektrisch isolierenden Ringkörper als Träger für eine Wicklung, wobei die Querschnittsform des Ringkörpers am äußeren Umfang und am inneren Umfang einen abgeflachten Bereich aufweist.

Eine Stromerfassungsspule dieser Art ist durch die GB-Zeitschrift EPE-Journal, Vol. 3, Nr. 1, March 1993, Seiten 51 bis 59 bekannt geworden. Als Formen von Ringkörpern werden dort einfache feste Toroide oder biegsame und aufgeschnittene Spulenkörper vorgeschlagen. Ferner wird die Verwendung kreisförmiger aufgeschnittener Kunststoffringe mit rechteckigem Querschnitt empfohlen, die sich zur Anbringung an einem Leiter aufbiegen lassen und dann in die Ringform zurückkehren.

Obwohl alle vorstehend erwähnten Ausführungsformen von Stromerfassungsspulen mit unterschiedlichen Ringkörpern zur Bildung eines Rogowski-Stromwandlers mit gutem Übertragungsverhalten zu schaffen, ergibt sich bei serienmäßiger Fertigung die Schwierigkeit, das praktisch jedes hergestellte Exemplar andere Übertragungseigenschaften aufweist und daher individuelle Justierungen oder elektronische Korrekturschaltungen eingesetzt werden müssen, um zu gleichmäßigen Ergebnissen zu gelangen. Die Abhängigkeit des Übertragungsverhaltens von Rogowski-Stromerfassungsspulen von geringen Abweichungen ihrer geometrischen Beschaffenheit gegenüber der Idealf orm ist bekannt und hat bereits zu dem Vorschlag geführt, als Wicklungsträger gerade geschliffene Keramikstäbe zu benutzen (DE-Zeitschrift "Technische Mitteilungen AEG-Telefunken" 60 (1970) 7, Seiten 444 bis 448). Da eine Stromerfassungsspule nach dem Rogowski-Prinzip jedoch einen Leiter auf einer geschlossenen Bahn umgeben muß, erfordert somit die Verwendung gerader Keramikstäbe die Zusammensetzung einer geschlossenen Stromerfassungsspule aus vier Teilspulen. Dabei entstehen erhebliche Störungen im Feldverlauf durch das rechtwinklige Aneinanderstoßen der Teilstücke. Um diesen Einfluß zu erheben, werden die Stoßstellen durch eine Abschirmung feldfrei gemacht. Die gewünschte Präzision des Rogowski-Stromwandlers ist daher mit einem beträchtlichen Aufwand für die Fertigung der Stromerfassungsspulen verbunden.

Der Erfindung liegt hiervon ausgehend die Aufgabe zugrunde, eine Bauweise für eine Stromerfassungsspule eines Rogowski-Stromwandlers zu schaffen, die sich durch eine minimale Streuung ihrer Eigenschaften auszeichnet und die sowohl für laufende Strommessungen als auch für die Auslösung geeignet ist.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die verbleibenden Bereiche der Querschnittsform etwa halbkreisförmig ausgebildet sind, daß der Ringkörper aus einem faserverstärkten duroplastischen Kunststoff besteht und als massiver Vollkörper in einer teilbaren Form einstückig hergestellt ist, wobei der Ringkörper gratfrei hergestellt ist und keine Hinterschnidungen aufweist und daß die Wicklung mittels einer Ringkernwickelmaschine aufgebracht ist.

Der nach der Erfindung vorgesehene Ringkörper ist ein sehr stabiles Teil, welches eine hohe thermische Beständigkeit und zugleich einen nur geringen thermischen Dehnungsfaktor aufweist. Diese Eigenschaften führen dazu, daß sich die Form der Wicklung nur minimal ändert, wenn die Stromerfassungsspule beispiels-

weise an den Hauptstrombahnen eines Niederspannungs-Leistungsschalters angebracht ist, wo starke mechanische Erschütterungen und Temperaturen bis oberhalb 100°C auftreten können. Zu dieser Stabilität trägt die nur am inneren und äußeren Umfang abgeflachte Querschnittsform des Ringkörpers bei, welche das Widerstandsmoment gegen eine mechanische Verformung erhöht. Die gratfreie Herstellung des Ringkörpers trägt zu der gewünschten Gleichmäßigkeit und Güte der Wicklung dadurch bei, daß der Wicklungsdraht am gesamten Umfang des Ringkörpers satt anliegt und daher nicht verschoben oder deformiert werden kann.

Zum Einsatz in Niederspannungs-Leistungsschaltern im mittleren bis höheren Nennstrombereich eignet sich beispielsweise ein Ringkörper mit einem Außendurchmesser von etwa 80 bis 100 mm, der einlagig mit Kupferlackdraht von etwa 0,05 bis 0,1 mm Durchmesser dicht bewickelt ist.

Werden Stromerfassungsspulen nach der Erfindung in mehrpoligen Niederspannungs-Leistungsschaltern eingesetzt, so kann die Genauigkeit der Messung in den benachbarten Phasen durch die geringen Abstände der betreffenden Leiter beeinträchtigt werden. Dieser Einfluß hängt von der Güte der Wicklung der Stromerfassungsspulen ab. Im Rahmen der Erfindung können die störenden Einflüsse benachbarter Leiter dadurch begrenzt werden, daß der Vorschub der Ringkern-Wickelmaschine konstant und so bemessen ist, daß bei gegebener Windungszahl zwischen dem Anfang und dem Ende der Wicklung eine Lücke von höchstens 0,5% des Umfangs des Ringkörpers verbleibt.

Die gratfreie Herstellung des Ringkörpers der Stromerfassungsspule kann im Rahmen der Erfindung durch eine Vorrichtung erleichtert werden, bei welcher die Teilfuge der Form in dem abgeflachten Bereich der Querschnittsform des Ringkörpers angeordnet ist. Durch diese Maßnahme wird einer Auswaschung der Teilfuge durch das Spritzgut und damit einer Gratbildung vorgebeugt. Nachträgliche Arbeitsgänge zur Entfernung eines evtl. entstandenen Grates sind daher entweder entbehrlich oder beschränken sich auf einen minimalen Aufwand.

Die Erfindung wird im folgenden anhand des in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Die Fig. 1 und 2 zeigen einen Ringkörper als Träger einer Stromerfassungsspule in der Draufsicht und im Schnitt.

Die Fig. 3 zeigt im Schnitt einen Teil einer zur Herstellung eines Ringkörpers gemäß den Fig. 1 und 2 dienenden Spritzform.

Ein Beispiel für die Anordnung einer Stromerfassungsspule zeigen die Fig. 4 und 5.

In den Fig. 1 und 2 ist ein Ringkörper gezeigt, der als Träger einer Wicklung für einen nach dem Rogowski-Prinzip arbeitenden Stromwandler dient. Der Ringkörper 1 weist eine am äußeren Umfang und am inneren Umfang abgeflachte Querschnittsform auf, wobei die verbleibende Kontur etwa halbkreisförmig ist. Zur Herstellung des Ringkörpers 1 dient eine in der Fig. 3 gezeigte Form 2, deren Teilfuge 3 in dem äußeren abgeflachten Bereich 4 und dem inneren abgeflachten Bereich 5 der Querschnittsform liegt. Die Kunststoff-Spritzmasse des Ringkörpers 1 ist vorzugsweise eine mit kurzen Glasfasern gefüllte duroplastische Harzmischung auf Polyesterbasis. Diese ergibt einen Ringkörper 1 mit guter Maßhaltigkeit, Festigkeit gegen Verformung sowie sehr geringer Wärmedehnung unter dem

Einfluß der im Betrieb auftretenden Temperaturen.

Der Anfang und das Ende der auf den Ringkörper 1 mittels einer Ringkern-Wickelmaschine aufzubringen- den Wicklung 8 sind in der Fig. 1 angedeutet. Wie man erkennt, besteht eine nur sehr kleine Lücke 9 zwischen 5 Wicklungsanfang und Wicklungsende. Dies wird bei gegebener Windungszahl durch konstanten und passend bemessenen Vorschub der zur Herstellung benutzten Ringkern-Wickelmaschine erreicht. Durch den am ganzen des Ringkörpers 1 gleichen Abstand der Windungen 10 und die prozentual auf den Umfang des Ringkörpers 1 bezogen sehr kleine Lücke 9 können sich Fehler, wie sie durch eine gegenseitige Verdrängung der Magnetfelder benachbarter Phasen in einem Niederspannungs-Leistungsschalter auftreten können, nur minimal auswir- 15 ken. Im Ergebnis ist die fertiggestellte Stromerfassungsspule in der Lage, einen Strombereich meßtechnisch zu beherrschen, der bei wenigen A beginnt und bis etwa 150 kA reicht. Insbesondere die untere Meßgrenze wird nicht nur durch die Eigenschaften der Stromerfassungsspule, sondern auch durch die Eigenschaften einer elek- 20 tronischen Auswertungsschaltung bestimmt, an welche die Stromerfassungsspule anzuschließen ist. Daher ist ab etwa 50 A mit einer zuverlässigen Strommessung zu rechnen.

Durch die Lage der Teilfuge 3 in den Bereichen 4 und 5 des Ringkörpers 1 (Fig. 2) besteht nur eine geringe Neigung zur Gratbildung bei der Herstellung. Sollte dennoch Grat entstehen, so empfiehlt es sich, diesen durch eine nachträgliche Bearbeitung zu entfernen, be- 30 vor mittels einer Ringkernwickelmaschine die vorgesehene Wicklung auf dem Ringkörper 1 aufgebracht wird. Soll der gesamte Bereich vorkommender Ströme durch eine einzelne Wicklung erfaßt werden, so muß die Wicklung eine große Zahl von Windungen aufweisen. Dem- 35 entsprechend ist es erforderlich, einen Spulendraht mit sehr geringem Durchmesser einzusetzen. Ein Ringkörper von beispielsweise 100 mm Außendurchmesser und einem Querschnitt von etwa  $8 \times 12$  mm kann dabei mit etwa dreitausend Windungen eines Kupferlackdrahtes 40 von 0,07 mm Durchmesser bewickelt werden.

Eine fertige Stromerfassungsspule 6 kann in der Weise angeordnet sein, wie dies die Fig. 4 und 5 zeigen. Die dort gezeigte Spulenanordnung weist ein einseitig offenes Gehäuse 7 auf, das ein mittleres Fenster 10 zum 45 Durchtritt eines schienenförmigen Leiters eines Leistungsschalters besitzt. Die unter Verwendung des Ringkörpers 1 gemäß den Fig. 1 und 2 hergestellte Stromerfassungsspule 6 befindet sich in einem Ringraum 11 des Gehäuses 7 und ist mittels einer Verguß- 50 masse 12 befestigt und abgedeckt. Die gleiche Vergußmasse 12 dient zur Festlegung eines zusätzlichen induktiven Stromwandlers 13, der einschließlich der Vergußmasse 12 in der Fig. 5 jedoch fortgelassen ist. Der Stromwandler 13 kann beispielsweise dazu dienen, eine 55 Hilfsenergie bereitzustellen, die zum Betrieb einer mit der Stromerfassungsspule 6 zu verbindenden elektronischen Auswertungsschaltung benötigt wird. Ferner kann ein elektronischer Auslöser mittels des Stromwandlers 13 betrieben werden. 60

#### Patentansprüche

1. Stromerfassungsspule (6) für einen Stromwandler nach dem Rogowski-Prinzip mit einem elek- 65 trisch isolierenden Ringkörper (1) als Träger für eine Wicklung, wobei die Querschnittsform des Ringkörpers (1) am äußeren Umfang und am inne-

ren Umfang abgeflachte Bereiche (4, 5) der Querschnittsform aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die verbleibenden Bereiche der Querschnittsform etwa halbkreisförmig ausgebildet sind, daß der Ringkörper (1) aus einem faserverstärkten duroplastischen Kunststoff besteht und als massiver Vollkörper in einer teilbaren Form (2) einstückig hergestellt ist, wobei der Ringkörper (1) derart geformt ist, daß er gratfrei ist und keine Hinterschnitten aufweist, und daß die Wicklung mittels einer Ringkern-Wickelmaschine aufgebracht ist.

2. Stromerfassungsspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringkörper (1) bei einem Außendurchmesser von etwa 80 bis 100 mm einlagig mit Kupferlackdraht von etwa 0,05 bis 0,1 mm Durchmesser dicht bewickelt ist.

3. Verfahren zur Herstellung einer Stromerfassungsspule nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorschub der Ringkern-Wickelmaschine konstant und derart bemessen ist, daß bei gegebener Windungszahl die Lücke zwischen dem Anfang und dem Ende der Wicklung 0—0,5% des Umfanges des Ringkörpers (1) beträgt.

4. Vorrichtung zur Herstellung des Ringkörpers (1) der Stromerfassungsspule (6) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilfuge (3) der Form (2) in dem abgeflachten Bereich (4, 5) der Querschnittsform des Ringkörpers (1) angeordnet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

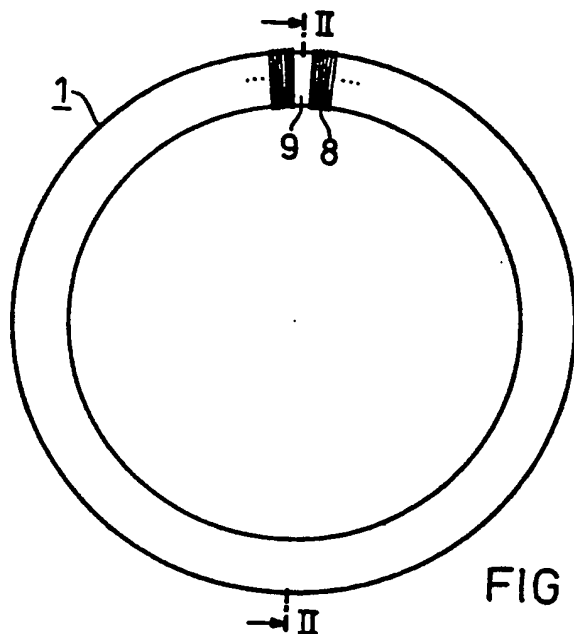


FIG 1

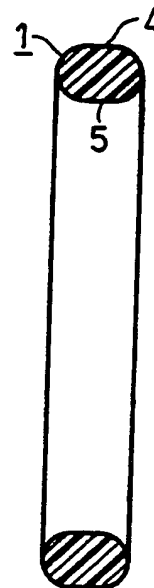


FIG 2

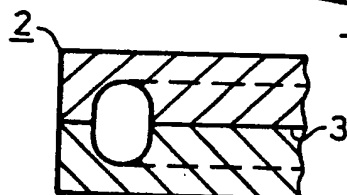


FIG 3

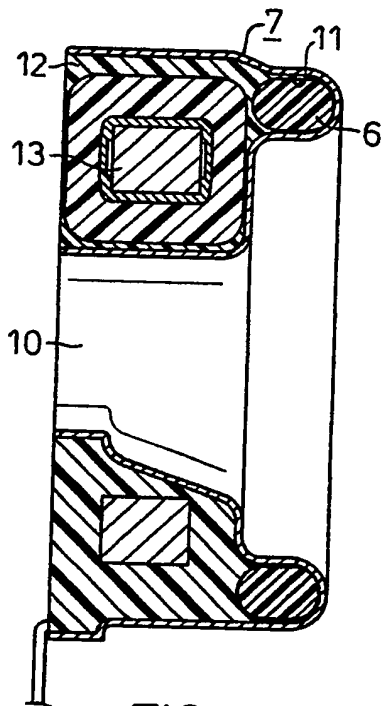


FIG 4

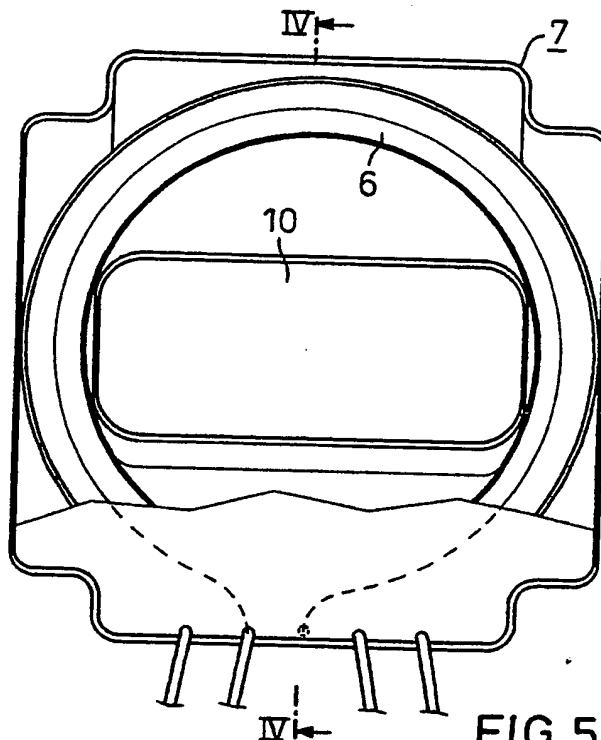


FIG 5